

**Saimaan ammattikorkeakoulu**  
Tekniikka, Lappeenranta  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma  
Infratekniikan suuntautumisvaihtoehto

Hannu Vainio

# **MAARAKENTAMINEN HAASTAVASSA YMPÄRISTÖSSÄ**

Opinnäytetyö 2011

## **Tiivistelmä**

Hannu Vainio

Maarakentaminen haastavassa ympäristössä, 32 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma

Infratekniikan suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2011

Ohjaajat: Yliopettaja Jorma Jaakkola, Saimaan ammattikorkeakoulu

Työpäällikkö Heikki Schemeikka, Lemminkäinen Talo Oy

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia maarakennustöitä ja niihin liittyviä työvaiheita Lemminkäinen Talo Oy:n rakentamassa toimisto- ja asuintalokohteessa Helsingin Töölönlahdella. Työssä käsiteltiin kohteessa 1.4.2011 – 21.12.2011 toteutuneen maanrakennusvaiheen eri ongelmia ja niihin sovellettavia vaihtoehtoisia ratkaisuja.

Kohteessa on käytetty kaivannon tukemiseen teräsponttiseiniä. Opinnäytetyössä selvitetään asennustyön suorittaminen ja siinä onnistuminen suunnitellulla tavalla. Kaivannon kuivana pidon ongelmiin esitetään työssä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Kohteessa on haastavat pohjaolosuhteet niin maaperän kantavuuden kannalta kuin pohja- ja orsiveden pintojen korkeuden takia. Maaperän pilaantuneisuuteen otetaan kantaa lähinnä työn suorittamisen osalta.

Työn tekemiseen käytin suunnittelijoiden pohjatietoja ja tutkimustuloksia. Useimmat havainnot ja kehitysehdotukset ovat tulleet kuitenkin suoraan työmaaolosuhteista ja siellä havaituista tilanteista. Lähteinä on käytetty pääasiallisesti työmaahenkilöstön ja urakoitsijoiden haastatteluja.

Asiasanat: maarakennus, Töölönlahti, Helsinki, pilaantuneet maat, Lemminkäinen Talo Oy

**Abstract**

Hannu Vainio

Earthworks in a challenging environment, 32 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Building of Infrastructure

Final Year Project 2011

Instructors: Mr Jorma Jaakkola, Senior Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

Mr Heikki Schemeikka, Project Manager, Lemminkäinen Talo Oy

The purpose of this final year project was to study the earthworks of a five-storey office building which is constructed by Lemminkäinen Talo Oy. The complex includes also two apartment buildings with a rooftop connection to the office building over Alvar Aallon katu. The worksite is situated in Töölönlahti, Helsinki on block 2017. I will examine how we could have enhanced the productivity of our own and our subcontractor's work. The study is scheduled to last from 1 April 2011 to 21 December 2011.

In this task we used sheet pile walls to prevent the trench walls from collapsing and to keep the site dry from sub-surface water. I have gathered information about the installation of the walls and compiled the facts of the succession of the job. I will propose ways to make the drainage more efficient and tell how the excavation of contaminated soil was carried out.

I have used my own experiences from the worksite, subcontractors interviews, internet and literature as sources to gather the information for this project.

Keywords: earthworks, Töölönlahti, Helsinki, contaminated soil, Lemminkäinen Talo Oy

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	5
2 KOHDE JA VALMISTELU .....	6
2.1 Työmaa-alue .....	7
2.2 Valmistelevat työt .....	7
3 YLEISTÄ MAARAKENNUSVAIHEESTA.....	9
4 TUKISEINIEN ASENTAMINEN.....	10
4.1 Asennus .....	13
4.2 Tukiseinien ylös nostaminen .....	15
5 ALUEEN LOHKOJAOTUS .....	16
5.1 Lohkojaotuksen hyödyt.....	18
5.2 Omat päätelmät.....	18
6 KAIVANNON KUIVANA PITO.....	19
6.1 Työn suorittaminen .....	20
6.2 Kehitettäviä asioita .....	23
7 PILAANTUNEET MAAT .....	26
7.1 Työn suorittaminen.....	27
7.2 Kaivun jälkeen .....	28
8 LOPPUSANAT .....	29
KUVAT .....	31
LÄHTEET .....	32



# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia Lemminkäinen Talo Oy:n ja sen toimitilayksikön rakentaman toimistorakennuksen sekä kahden asuinrakennuksen maarakennustöitä Helsingin Töölönlahdella ja perehtyä työssä käytettyihin työmenetelmiin. Pääasialliset työvaiheet, joita tutkin, ovat rakennuskaivannon tukiseinien asentaminen, pilaantuneen maan poisto ja kaivannon kuivana pito.

Haasteita aiheuttavana tekijänä oli Helsingin rautatieaseman vilkasliikenteinen ratapiha. Rata-alueen läheisyydessä työskentely asetti vaatimuksia rakennettavan kohteen kaikille työntekijöille ja kasvatti työnjohdollista vastuuta.

Kaikkiin työvaiheisiin liittyy olennaisena osana myös työmaan sisäinen sekä ulkoinen logistiikka, joita sivuan osassa pääaiheita. Ruuhkaisissa keskustaolosuhteissa törmättiin useisiin ongelmiin, jotka näkyivät selvimmin eri tavaratoimitusten ja etenkin valmisbetoni tilausten poikkeamina sovituista toimitusajankohdista.

Käytän tutkimusmateriaalina omaa kokemusta kyseiseltä työmaalta ja suunnittelutoimistojen lähtötietoja sekä urakoitsijoiden kokemuksia ja haastatteluja.

Selvitän jokaisesta työvaiheesta perustiedot, työn suorittamisen, tutkimustulokset ja omat päätelmät.

## 2 KOHDE JA VALMISTELU

Rakennettava kohde sijaitsee Helsingin Kluuvin kaupunginosassa, Töölönlahdella korttelissa 2017. Rakennus on 5 - 6-kerroksinen toimisto- ja asuintalo, jossa on yksi maanalainen kellarikerros. Rakennuksen toimisto-osuus rajoittuu korttelin junaradan puoleiseen reunaan, itä sivuun. Asuinrakennukset sijaitsevat korttelin etelä sivulla. Asuinrakennusten ja toimistotalon välissä tulee kulkemaan Alvar Aallon katu.

Rakennus perustetaan tukipaaluina toimivien sulfaatinkestävien IB-luokan 300 mm x 300 mm:n lyöntipaalujen varaan. Teräsbetonipaaluja lyötiin toimiston osalle yhteensä yli 10 kilometriä. Alapohjalaatta ankkuroidaan kallioankkureilla ehjään kallioon saakka pohjaveden tason aiheuttamaa nostetta vastaan. Kaikki kellarirakenteet ovat paikalla valettuja, vesitiiviitä rakenteita. Runko on pilaripalkki-tyyppinen teräsrunko ja välipohjat toteutetaan ontelolaattaelementeillä sekä osittain paikalla valuina.

Kohteessa erityishuomiota vaatii rakennuksen sijainti verrattuna junarataan. Toimistotalon koillisnurkka on vain kahdeksan metrin etäisyydellä reunimmaisesta raiteen keskilinjasta, mikä aiheuttaa haasteita esimerkiksi rakennuksen vierustäyttöjen ja julkisivun rakentamisen kanssa.

Koska junarata on sähkörata, jonka ajojohtimissa kulkee hengenvaarallinen 25 000 voltin jännite, pitää huomioida hyvin tarkasti varoetäisyydet, joita lähemmäksi ei saa missään tilanteessa joutua esimerkiksi nosturin taakka tai nostinlaitteet. Tästä syystä kaikilla henkilöillä, joilla työn on jossakin vaiheessa tarve mennä rakennuksen ja rata-alueen väliseen tilaan, on oltava Liikenneviraston määräämä rataturvallisuuskurssi hyväksytysti suoritettuna. Rata-alueen läheisyys aiheuttaa myös tiettyjä erikoisvaateita rakentamisen aikana. Tukiseinä asennuksen aikana tehtiin yhteistyötä VR:n kanssa ja sovittiin jännitekatkot reunimmaiselle 120 raiteelle, jotta työ pystyttiin suorittamaan.

Lemminkäinen Infra ja sen ratatöihin erikoistunut yksikkö teki ennen talonrakennustöiden alkua muutoksia raidelinjauksiin. Raidetta 120 ja siihen liittyvää vaihdetta siirrettiin pohjoiseen päin pois rakennustöiden edestä vuonna 2010.

## **2.1 Työmaa-alue**

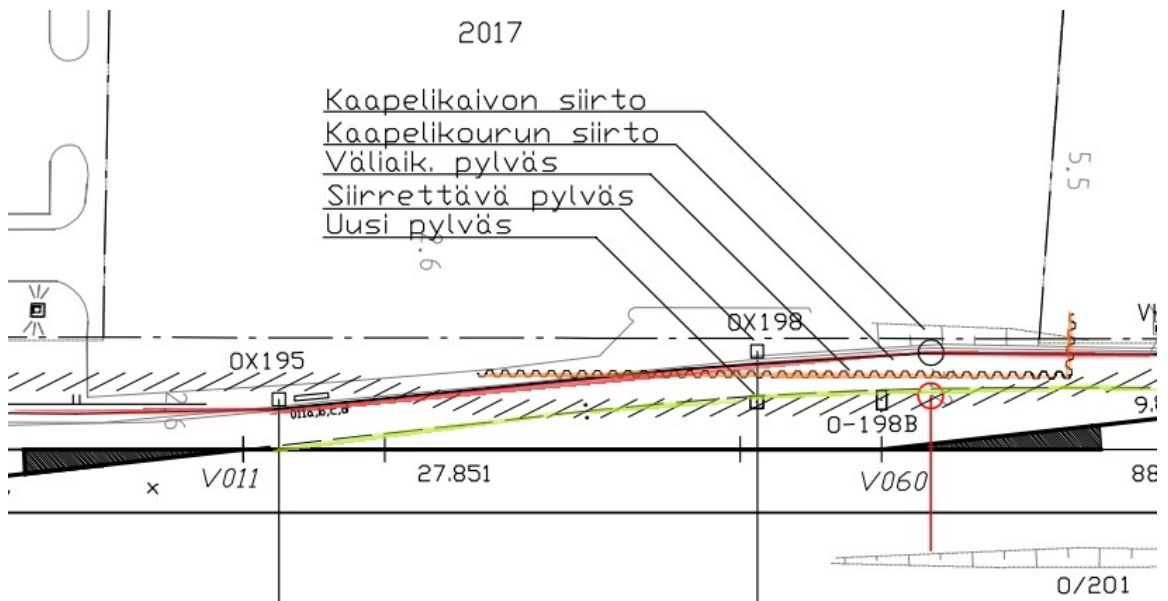
Koska työmaa on Helsingin keskustassa, tiedettiin rakennusmateriaalien varastointitilojen olevan vähissä. Aikaisessa vaiheessa hanketta ryhdyttiinkin suunnittelemaan työmaan logistiikkaa ja materiaalien varastointimahdollisuuksia. Työmaa koostuu kahdesta osasta, toimisto- ja sosiaalityötilaparakkeille varatusta tukikohta-alueesta sekä itse työmaa-alueesta. Työmaa-alueen pinta-ala kokonaisuudessaan on noin 10 000 m<sup>2</sup>, josta rakennuskaivanto ottaa noin 8000 m<sup>2</sup>. Tukikohta-alueen pinta-ala on noin 2500 m<sup>2</sup>. Lisäksi viereisestä korttelista Lemminkäisellä oli käytössä 2000 m<sup>2</sup> varastointitilaa noin viiden kuukauden ajan vuoden 2011 lopulla, minkä jälkeen alue jouduttiin luovuttamaan tontin omistavalle taholle.

Vaikkakin usean sadan neliömetrin alueet vaikuttavat suurilta, eivät ne sitä todellisuudessa olleet. Työmaalla käytettiin paljon resursseja materiaalien siirtoihin ja varastointitilojen suunnitteluun. Rakennustyömaat ja tilanteet niillä muuttuvat hyvin nopeasti, ja tässäkin kohteessa rakentamisen painopisteiden siirtyminen aiheutti paljon työtä tilan puutteen vuoksi.

## **2.2 Valmistelevat työt**

Junaradan läheisyyden vuoksi ennen varsinaisen rakennustyön aloittamista korttelissa 2017 oli tehtävä valmistelevia töitä. Tontti, jolle rakennus oli suunniteltu, oli kaavoitettu hyvin lähelle liikennöityä junarataa. Lemminkäinen Infra lyhensi raidetta 120 niin, että toimistorakennus pystyttiin toteuttamaan kaavan mukaisesti.

Kuvassa 1 on esitetty raidelinjauksen uusiminen. Rakennuskaivantoa varten asennettava tukiseinä on esitetty kuvassa oranssilla korostusvärillä. Raiteen 120 uusi sijainti on merkitty vihreällä värillä ja vanha sijainti punaisella.



Kuva 1. Raidelinjan uudistus

Kohtaan, josta raidetta lyhennettiin, rakennettiin kierrätysvaihte. Tätä raidetta pitkin junat pääsivät kulkemaan raiteen 120 lyhennystyön aikana. Sähkörata-alueella tehtävät työt on hyvin tarkkaan määritelty työturvallisuuden kannalta. Kaikki koneelliset työt ATU:n (aukean tilan ulottuma) sisällä vaativat Ratatyö-ilmoituksen laatimista Helsingin aseman liikennepaikan liikenteenohjaukseen. Luvan pyytämiseen täytyy henkilöllä olla ratatyöstä vastaavan pätevyys. Pelkkä ratatyö-ilmoituksen hyväksyminen ei kuitenkaan oikeuta työskentelyyn rata-alueella vaan liikenteenohjauksesta on aina pyydettävä lupa ennen töiden aloittamista.

Asennettavina kiskoina käytettiin 30-metrisiä 54E1-kiskoja. Uudet kiskot sijoitettiin betonisten ratapölkkyjen päälle. Osa töistä jouduttiin suorittamaan liikennekatkojen aikana. Tällaisia töitä olivat kierrätysvaihteen asentaminen ja purku sekä kaikki radan sähköistykseen liittyvät työt. Sähkötöissä radalla on huolehdittava erityisen

tarkasti maadoituksesta. Maadoittamattomien, jännitteisten, sähköelementtien lähelle joutuminen aiheuttaa välittömän hengenvaaran. Sähköjohtimista ja niihin liittyvistä osista voi saada ilman välityksellä johtuvan sähköiskun jopa kahden metrin etäisyydeltä.

Muita rakentamisvaihetta edeltäviä töitä olivat maa- ja pohjatutkimukset, joista kerron tarkemmin luvussa seitsemän.

### **3 YLEISTÄ MAARAKENNUSVAIHEESTA**

Maarakennustyöt alkoivat keväällä 2011 lumien ja pintamaiden poiskuljettamisella. Korttelin alueelta raivattiin myös rakentamisen tiellä oleva puusto ja muu viherkasvillisuus.

Ennen työmaan alkamista korttelissa tehdyissä maaperätutkimuksissa havaittiin, että alueella on pilaantuneita maita, jotka joudutaan toimittamaan erikoiskäsittelyä varten pilaantuneita maa-aineksia vastaanottaville asemille. Suurin osa pilaantuneista maista toimitettiin Ämmässuon jätteenkäsittelylaitokselle Espooseen. Kun Lemminkäinen aloitti työt alueella jokaista 0,5 metriä syvää kaivutasoa varten kaivettiin yksi koekuoppa aina 100 m<sup>2</sup>:ä kohden. Näistä kuopista selvitettiin kenttätestien avulla maaperän pilaantuneisuus. Selvissä tapauksissa eli, kun maaperä oli puhdas, annettiin lupa kuljettaa maa-aineet niitä vastaan ottaville asemille tai varastoida myöhempää käyttöä varten. Jos maaperä todettiin pilaantuneeksi, lähetettiin näyte laboratorioon, ja tulosten valmistuttua määrättiin kyseiselle maa-ainekselle sopiva sijoituspaikka.

Alueella tehtiin PIMA-tutkimusten lisäksi pohjatutkimuksia syys- ja lokakuussa 2010. Tutkimukset käsittivät puristinheijari- ja siipikairauksia sekä erinäisiä näytteenottoja. Tontilla aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia täydennettiin näillä uusilla

tiedoilla. Tutkimusten valmistuttua tiedettiin, että alueella on noin viisi metriä paksu täytemaakerros, jonka alapuolella 15 - 18 metriä savea. Vasta yli 20 metrin syvyydestä saavutettiin kantava maapohja; noin 4 metriä paksu moreenikerros, jonka alapuolella on kalliopinta. Nämä tutkimukset edellyttivät sitä, että rakennus oli perustettava tukipaaluille, joiden täytyi ulottua kovaan kerrokseen saakka.

Alkutilanteessa maanpinnan korkeus oli merenpintaan verrattuna tasossa +2,00 metriä ja suunnitelmien mukainen kaivussyvyys on -2,10 metriä. Tästä voidaan havaita, että tontin alueelta jouduttiin kaivamaan täyttömaakerros kokonaisuudessaan pois, jolloin päädyttiin tasoon, josta savikerrostuma alkaa. Koska tiivis savi oli kaivannon pohjalla ja vedenpinta noin kaksi metriä sitä korkeammalla, arveltiin, että vesien pois saaminen kaivannosta tulee olemaan yksi haastavimpia tehtäviä maanrakennusvaiheessa. Tämä epäily osoittautui todeksi.

Kaikki työt kaivusta alapohjalaattojen rakentamiseen suoritettiin lohkoittain. Lohkojaon toimivuuteen ja sen periaatteelliseen toimintaan syvennyn tarkemmin luvussa viisi.

## **4 TUKISEINIEN ASENTAMINEN**

Koska kaivussyvyys oli maanpinnasta yli 4 metriä ja kaivannon reunojen luiskaaminen oli mahdotonta, jouduttiin rakennuskaivanto tukemaan teräsponttiseinillä. Tukiseinien asentaminen oli ensimmäisiä töitä, joita työmaalla tehtiin.

Kohteessa käytettiin 500 mm leveitä U-profiilisia teräksisiä ponttiseinäelementtejä (Kuva 2) tuennassa ja estämässä orsivesien pääsy kaivantoon. Tukiseinien välityksellä siirretään vaakasuuntaiset maan- ja vedenpaineen kuormat esijännitettyjen teräsvaijeriankkureiden avulla kovaan kallioon. Ankkureita varten tukiseinän läpi porataan reikä, johon upotetaan porauksen aikana teräksinen suojaputki kallion pintaan saakka. Suojaputken asennuksen jälkeen kallioon porataan vaijeriankkuria varten hieman pienempi reikä tiettyyn syvyyteen.

Kallioreiän syvyyden kertoo aina kyseisen kohteen pohjarakennesuunnittelija. Porausten jälkeen jokaiselle reiälle tehdään vesimenekkikokeet, joilla selvitetään kallion eheys. Kallion eheys on tärkeää vaijeriankkureiden kiinnijuottamisen kannalta. Jos kallio on rikkonainen, sen raoista voi vuotaa vettä sekä sementin kovettumiselle haitallisia suoloja.

Tukiseinillä oli tässä tilanteessa yksi ankkurointitaso, josta pontit ankkuroitiin noin 50 metriä pitkillä ankkurivaijereilla. Ankkurointitaso tarkoittaa tukiseinään kiinni hitsattavaa H-profiilista vaakapalkkia, joka jakaa seinään kohdistuvat kuormat vaijeriankkureille.

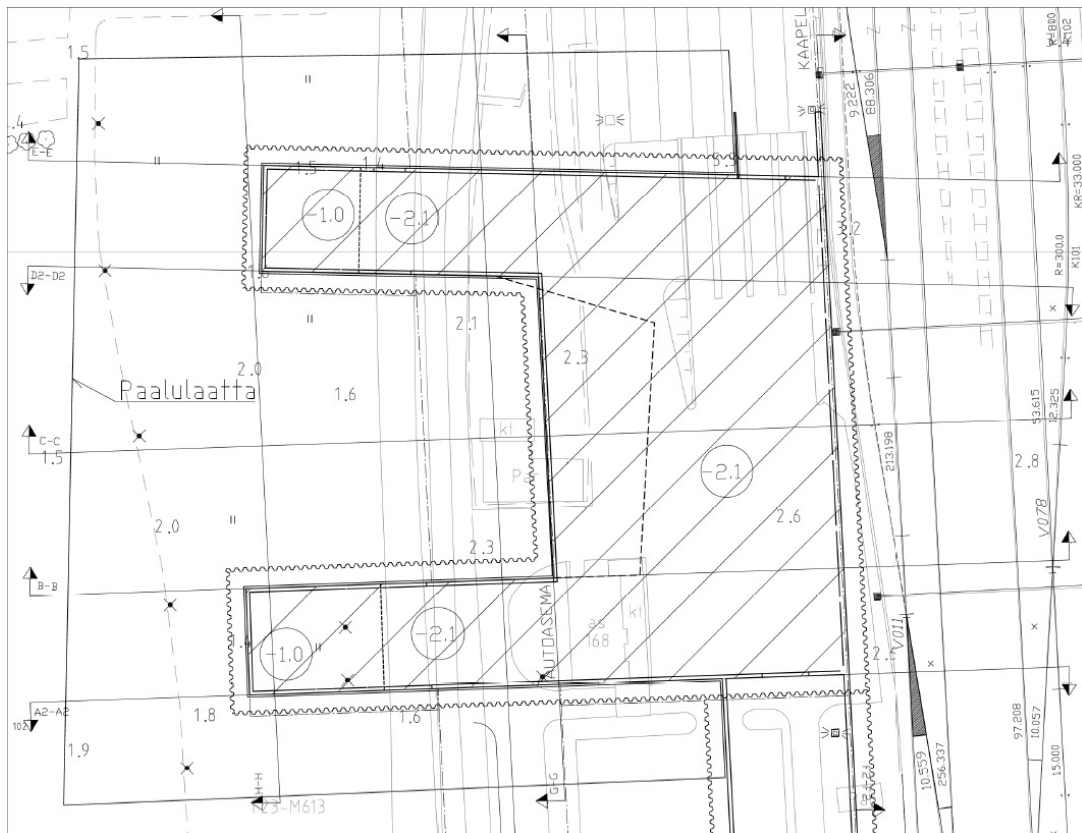
Itse ponttielementit voidaan upottaa maahan täryttämällä, lyömällä tai painamalla. Täryttäminen on kivettömässä maassa tehokkain ja tarkin asennustapa. Täryttäminen perustuu asennettavan elementin ja maan välisen kitkan pienentämiseen, jolloin pienellä voimalla saadaan profiili painettua haluttuun syvyyteen. Täryttämisessä on tärkeää säätää täryn taajuus ja amplitudi sellaiseksi, että voidaan välttyä epätoivotuilta resonansseilta, etenkin, kun työskennellään lähellä muita rakennuksia tai värinäherkkiä kohteita. (Hakulinen M. 2003, s.61)



**Kuva 2. U-profilisia teräspontteja työmaalla**

Tukiseinää asennettiin yhteensä 447 metriä ja ponttien keskipituus oli noin 14 metriä. Tukiseinäpinta-alaa kertyi siis yli 6000 m<sup>2</sup>. Teräksisiä ponttiseiniä voidaan tehdä ponttiprofiili-, combi- tai putkiponttiseininä. Tässä kohteessa käytettiin ponttiprofiili-tyypistä tukiseinää. Tukiseinän sijainti rakennukseen nähden on esitetty kuvassa 3. Tukiseinä on piirretty kuvaan aaltoilevalla viivatyyppillä.





Kuva 3. Toteutuskuva tukiseinien sijainnista ja kaivusvyyksistä

#### 4.1 Asennus

Tukiseinää asennettiin kohteeseen kahdella eri menetelmällä, joissa toisessa lyötiin aina joka neljäs ja toisessa vain joka kahdeksas teräspontti kovaan pohjaan saakka, kun taas väliin sijoittuvat pontit jätettiin 2 - 4 metriä irti pohjasta. Jättämällä tukiseinän alapäähän aukkoja mahdollistettiin pohjavesien virtaaminen esteettömästi rakennuksen alapuolella. Junaradan vierelle, rakennettavan kohteen itäisivulle, rakennettu tukiseinä oli tarkoitus jättää maan sisään. Itäisivun tukiseinässä asennettiin useita teräspontteja kovaan pohjaan saakka seinän vahvistamiseksi.

Työtä suorittavia koneita oli kaksi, Lemminkäisen Bauer RTG-19 ja RTG-25 varustettuina suurtaajuustäryillä. Koneita käytetään muissakin töissä, kuten teräsbetonisten lyöntipaalujen asentamisessa, jolloin koneissa useimmiten käytetään suurimassaista junttia. Näihin lähes 100 tonnin massan omaaviin koneisiin voidaan vaihtaa laiteyksikkö aina työnkuvan mukaan.

Tukiseinäasennusta seurattiin pöytäkirjoista, joita saatiin pontituskoneen tallentamasta lokista sekä työn aikana, että sen jälkeen kerätyistä tarkemittauksista. Bauerin RTG-pontituskone saa tiedon teräspontin lyöntisyvyydestä, kun pontin pää asetetaan koneen leuoissa maata vasten ja syötetään tietokoneeseen tieto, että ponttielementti on 0-pisteessä eli maan pinnalla. Koneen Linux-pohjainen ohjelmisto laskee sen jälkeen, kuinka monta metriä teräsponttia on maan sisään painettu. Kone kerää tiedot myös käytetyistä tärytehoista ja ponttien lukumäärästä. Kaikki edellä mainitut arvot tallentuvat muistikortille, josta tiedot voidaan siirtää jatkokäyttöä varten toisaalle. (Paavola, S. porari. Lemminkäinen Infra Oy. Helsinki. 17.11.2011. Henkilökohtainen tiedonanto.)

Tarkemittausten tärkeys perustuu työn aikana tehtävään seurantaan, jossa tarkkaillaan tukiseinien mahdollista kallistumista. Toisin sanoen seurataan, pysyykö tukiseinä paikallaan, ettei se lähde kallistumaan kaivantoon. Jos mittauksissa havaitaan, että seinä on kallistunut, tihennetään tarkkailuväliä ja ryhdytään vaadittaviin toimenpiteisiin. Seinää voidaan yrittää ankkuroida uudelleen, jos se ei kestä senhetkistä maanpainetta, tällä tavoin kaatuminen voidaan estää. Syitä tukiseinän tahattomaan liikkeeseen voi olla useita, kuten laskennalliset virheet maan paineesta tai inhimilliset virheet asennuksen aikana tai sen jälkeen. Yleisimmät tässä kohteessa havaitut riskitilanteet syntyivät, kun liian suuria materiaalmassoja sijoitettiin lähelle tukiseinää, kaivannon ulkopuolelle, jolloin seinälle aiheutui liian suuri paine.

## 4.2 Tukiseinien ylös nostaminen

Idänpuoleisella sivulla oleva tukiseinä oli maan sisään jätettävä seinä. Kaikki muut teräspontit nostettiin maasta ylös. Pontteja voitiin ryhtyä nostamaan maasta ylös, kun rakennuksen vierustäytöt vastasivat tukiseinien ulkopuolella olevan maanpinnan tasoa.

Junaradan lähellä sijaitsevaa idänpuoleista tukiseinää ei haluttu lähteä nostamaan maasta ylös, koska se oli niin lähellä junarataa. Niin suuren tilavuuden nostaminen ylös maasta olisi varmasti aiheuttanut muutoksia maaperässä.

Ponttiseinien ylös nostaminen oli suunniteltu tehtäväksi kaivinkoneen lisävarusteeksi rakennetulla Movax-tärylaitteistolla. Movax-tärylaitteen toiminta perustuu laitteen suurtaajuustäryyn, joka häiritsee maa-ainesta teräsponttia pitkin syvään maaperään. Tällöin hienorakeinen maa-aines ja siinä oleva vesi kerääntyvät pontin ympärille ja teräspontti on helppo vetää ylös maasta kitkan vähetessä.

Työn alkaessa todettiin kuitenkin Movax-laitteiston olevan liian tehoton työtä varten. Pääsyyinä olivat laitteistoa kuljettavan kaivinkoneen omamassa ja tärylaitteiston vähäinen teho. Työhön saatiin käyttöön kuitenkin ristikkopuominosturilla kannateltava, hieman vajaan 10 tonnia painava, Vibrofonecur-roikkuvibra.

Roikkuvibran toimintaperiaate on sama kuin Movax-laitteistolla, mutta käytettävää taajuutta ja amplitudia voidaan säätää laajemmalla skaalalla. Laite on myös painavampi, jolloin sen synnyttämä värinä on voimakkaampi välittyessään kohteena olevaan elementtiin. Käytännön ero syntyy siitä, että roikkuvibraa käytetään roikottamalla sitä nosturista, jolloin voidaan joko painaa maahan tai vetää maasta huomattavasti pidempiä elementtejä helpommin kuin kaivinkoneessa kiinni olevalla Movax-laitteistolla. Asennettavien tai poistettavien elementtien pituus riippuu täysin Vibrofonecur-vibraa kannattelevasta nosturista. Vibrofonecur-vibra toimii

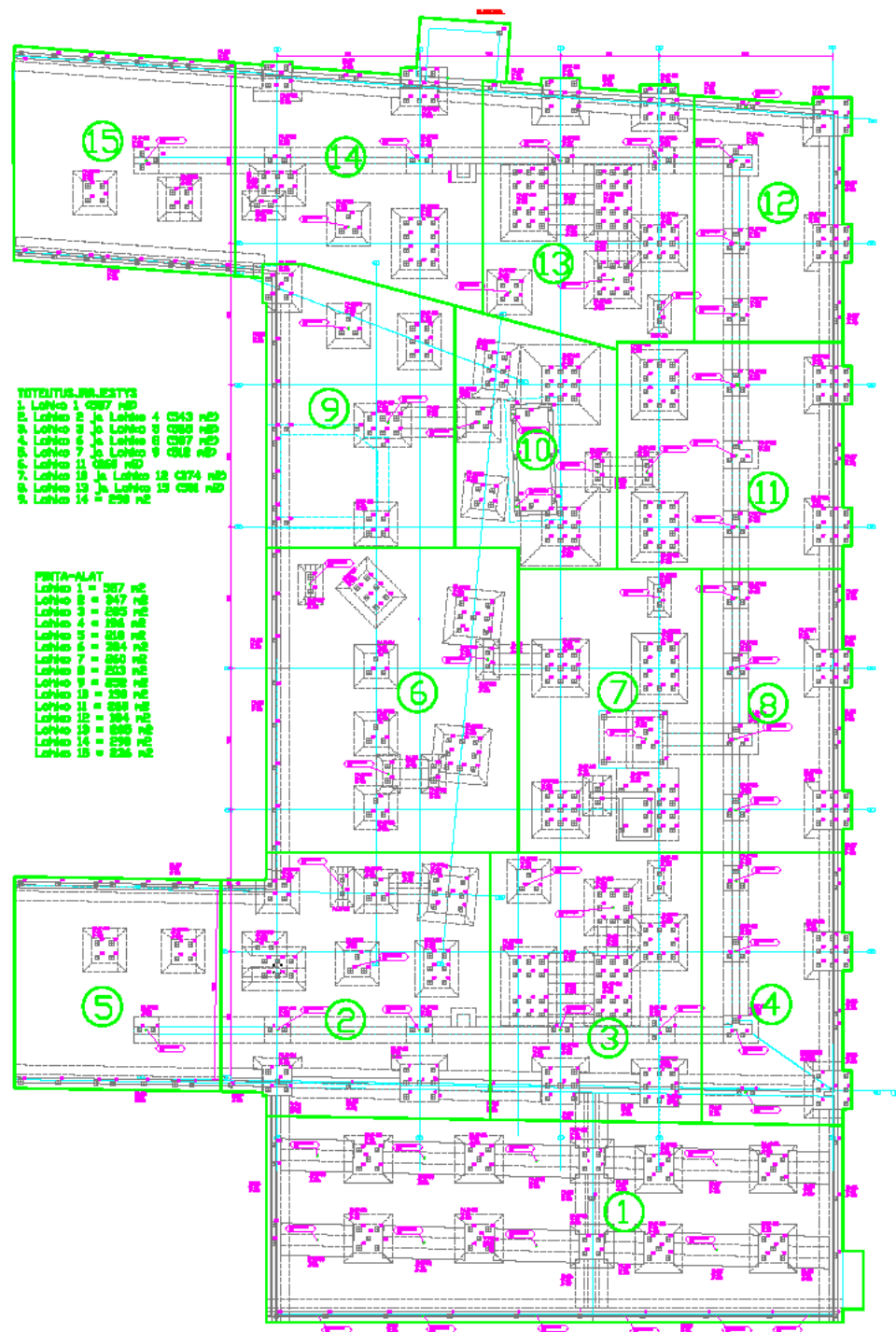
hydraulisella aggregaatilla, joka tuottaa yli 200 bar:n paineen. (Vibrofonecur-roikkuvibra, Käyttöohjeet.)

## **5 ALUEEN LOHKOJAOTUS**

Rakennuskaivannon pohja jaettiin viiteentoista keskiarvollisesti 350 m<sup>2</sup>:n kokoiseen lohkoon järkevän työsauman sijainnin mukaan. Kaikki työt kaivusta alapohjalaatan betonivaluihin mukailivat tätä lohkojakoa (Kuva 4).

Alkuvaiheessa töiden valmistumisen seuraamisen kannalta lohkojako todettiin toimivaksi. Työnjohdon oli helppo aikatauluttaa töiden eteneminen samansuuruisten lohkojen avulla. Koska eri urakoitsijat tekivät eri työvaiheet aina jokaisella loholla, saavutettiin jaolla soljuva töiden tahdistaminen.

Työjärjestys seurasi lohkojakokaaviossa esitettyjä järjestysnumeroita 1 - 15. Esimerkiksi kaivun saavutettua tietty taso -2,10 metriä loholla 1 siirryttiin lohkolle 2, ja näin ensimmäiselle lohkolle päästiin tekemään murskepetiä paalutusta varten. Paalutuksen valmistuttua loholla 1 siirryttiin lohkolle 2, jossa tietty kaivutaso oli jo saavutettu, ja loholla 1 päästiin tekemään paalutuksen jälkitöitä. Samanlaisella tahdistuksella selvittiin melko hyvin koko maanrakennusvaiheen ajan lukuun ottamatta pieniä päällekkäisyyksiä. Kaivuvaiheessa pyrittiin kuitenkin aina kaivamaan hieman pidemmälle, kuin aikataulumme olisi vaatinut, jotta ongelmatilanteiden ilmetessä seuraavilla työvaiheilla olisi varatyöpaikka.



Kuva 4. Lohkojaotus toimistorakennuksen osalta

## **5.1 Lohkojaotuksen hyödyt**

Lohkojaolla huomattiin olevan myös positiivinen vaikutus työntekijöiden työtahtiin ja työn valmistumiseen ajoissa. Jokaisen lohkon jokaiselle työvaiheelle määriteltiin tarkat alkamis- ja päättymispäivämäärät. Näin jokainen työvaihe oli helpompi saada valmiiksi kuin antamalla pelkästään koko urakan takaraja.

Lohkojaotuksen pohjalta työmaalla pidettiin joka viikko töiden yhteensovituspalaveri. Tähän tilaisuuteen osallistui jokainen urakoitsija. Palaverin tarkoituksena oli tarkastaa heidän laatimansa aikataulut omista töistään ja tarpeen vaatiessa muuttaa niitä yleisaikataulun rajoissa. Jokaisen urakoitsijan edustaja vuorollaan selvitti pääurakoitsijalle aikataulunsa, minkä perusteella selvitettiin sen limittymistä muihin työmaalla käynnissä oleviin työvaiheisiin. Myös pääurakoitsija seurasi viikoittain omalla tahollaan aikatauluja. Mahdollista muutoksista tai akuuteista töiden painopisteiden muutoksista ilmoitettiin yhteensovituspalaverissa.

Näin suurella työmaalla numeroitu lohkojako toimi hyvin sijaintien määrittämisessä. Töiden ohjaaminen helpottui, kun kohteen määrittäminen oli yksiselitteistä pelkästään numeron perusteella. Kun rakennustyöt jatkuvat ja rungon noustessa ylöspäin, on työmaalle suunnitteilla kerroskohtaiset lohkojakokartat. Kartat kehittyvät koko ajan töiden edetessä ja niiden ajan tasalla pitämisestä vastaa siihen opastettu henkilö Lemminkäisen työnjohdosta. Kun kerrokset ovat ilman väliseiniä tai muita tilanjakajia, kerroskohtainen jaotus tehdään samalla tavalla kuin maarakennusvaiheessa. Selkeiden tilojen valmistuttua siirrytään tilakohtaiseen merkitsemiseen arkkitehdin tilasuunnitelman mukaan.

## **5.2 Omat päätelmät**

Omasta mielestäni työmaan lohkoihin jakaminen onnistui tässä kohteessa erittäin hyvin itse rakennuksen osalta. Piha- ja varastoalueet jäivät hieman vähemmälle huomiolle. Epäselvyyksien välttämisen tehostamiseksi jakoa pystyisi laajentamaan

vielä kaivannon ulkopuolellekin. Maamerkit ja ilmansuunnat toimivat, mutta ovat suhteellisen laajoja käsitteitä. Piha-alueiden lohkojako otetaan käyttöön viimeistään seuraavassa Lemminkäisen toteuttamassa kohteessa Töölönlahdella, korttelissa 2015. Pelkästään lohkojaon tekeminen ei auta. Tieto on oltava työmaalla ja myös jokaisella työntekijällä. Tähän tarkoitukseen teetetään aluesuunnitelmakarttoja, joista jaotus selviää. Kartat sijoitetaan keskeisille paikoille piha- ja varastoalueilla, jolloin jokainen tulee ne huomaamaan.

Nykyisin törmätään yhä useammin ongelmiin, joissa monien eri maiden kansalaisten työskentely samassa kohteessa tekee kommunikoinnista vaikeampaa. Tämän seikan huomanneena yritän vähentää epäselvyyksien syntymistä. Kaikkia ongelmia tämä ei tietysti ratkaise, mutta ahtailla työmaa-alueilla tulee helpottamaan ainakin materiaalien varastointipaikkojen selvittämistä ja seuraamista töiden ohella.

## **6 KAIVANNON KUIVANA PITO**

Kun maarakennustyöt ja varsinainen rakennuskaivu alkoivat tukiseinäasennuksen jälkeen, huomattiin, että orsi- ja pohjavesi tunkeutuu kaivantoon hyvin nopeasti.

Kaikki kaivantoon tulevat ja sieltä pois pumpatut vedet oli tarkoitus imeyttää takaisin maaperään, jottei pohjaveden pinnan mahdollinen aleneminen aiheuttaisi minkäänlaisia painumia tontin ulkopuolella olevalla alueella. Tärkeimpänä seurannan kohteena oli tontin ohi kulkeva junarata. Pohja- ja orsiveden tasojen seuranta varten oli tontille asennettu yksi pohjavesi- ja kaksi orsivesiputkea. Pohjaveden alentaminen oli kiellettyä koko rakennusvaiheen aikana. Töölönlahden alueella vanhemmat rakennelmat ja osa rata-alueesta on perustettu puupaalujen varaan. Pohjaveden aleneminen niillä alueilla aiheuttaisi puupaalujen jäämisen vedenpinnan yläpuolelle ja puun lahoamisen. Puisten paalujen lahoaminen

puolestaan aiheuttaisi niiden lujuuden heikkenemisen ja mahdollisia rakenteiden painumia.

Rakentamisen aikana vaadittiin pohja- ja orsivesien tasojen tarkkailua mainituista seurantapisteistä. Vesien tasoja tarkkailtiin viikoittain ja tulokset raportoitiin kohteen pohjarakennesuunnittelijalle. Suunnittelutoimistossa määrättiin toimenpiteet työmaalla, jos seurattava vedenpinnan taso muuttui. Hankkeen aikana huomattiin muutamien kymmenien senttimetrien lasku niin orsi- kuin pohjavedenkin tasossa.

Suunnittelijoiden kanssa yhteistyössä sovittiin, että lisätään imeytyskaivojen määrää työmaa-alueella kahdesta kolmeen. Kaksi hankkeen alkuvaiheessa rakennettua imeytyskaivoa sijaitsivat tontin länsisivulla ja uusi, kolmas imeytyskaivo, rakennettiin tontin eteläisivulle.

Vesien imeyttäminen ei kuitenkaan toiminut suunnitellulla tavalla ja imeytyskaivot täyttyivät liian nopeasti maaperän koostumuksen takia, minkä takia vesi ei imeytynyt tarpeeksi tehokkaasti. Pumpatut vedet tulvivat imeytyskaivojen laitojen yli työmaa-alueelle.

Suunnitelmia tarkistettiin ja päätettiin, että ylijouksuvedet poistetaan kaivannosta uppopumppujen avulla erottimien kautta suoraan kaupungin viemäriverkostoon, mutta jatketaan kuitenkin imeyttämistä pienemmillä vesimäärillä. Pilaantuneiden maiden takia vedet oli Helsingin kaupungin määräysten nojalla pumpattava ensin hienoaineserottimen ja sitten öljynerottimen kautta hulevesiviemäriin.

## **6.1 Työn suorittaminen**

Alkuvaiheessa haasteita kaivannon kuivana pitämiseen toi ponttiseinien nurkkien vuotaminen, joita tarkasta asennustyöstä huolimatta ei ollut saatu vesitiiviiksi. Tämä aiheutti turhaa vesien pumppaamista pois kaivannosta. Nurkkien tiivistystöihin käytettiin erittäin paljon aikaa ja vaivaa. Kun kaivu eteni alemmas, huomattiin, että ponttiseinä ei ollut monesta kohdasta riittävän tiivis ja useissa



saumakohdissa jouduttiin joko hitsaamalla tai sementti-vesiseosta injektoimalla korjaamaan vuotokohtia. Tiivistyksissä käytettiin myös polyuretaanipohjaista tiivistysmassaa. PU-tiivistyksen toimivuus perustuu massan laajenemiseen kemiallisessa reaktiossa, jolloin tiettyyn tilavuuteen injektoitu vaahto turpoaa, koska happi ja vesi toimivat katalyyttinä polyuretaanin valmistukseen käytettyjen aineiden isosyaniitin ja polyolin kesken. Polyuretaani on solumuovi, jota käytetään enemmän lämmöneristeenä sen erinomaisten eristysominaisuuksien takia. Polyuretaanin lämmöneristävyys pohjautuu reaktiossa syntyviin ilmataskuihin massassa. Hyvä vesitiiveys on taas muovin ansiota, jota aikaisemmin mainituista isosyaniitista ja polyolista muodostuu. (Wikimedia Foundation, Wikipedia).

Kuvassa 5 on esimerkki vuotavasta tukiseinän nurkkakohdasta. Siinä näkyvään vuotokohtaan on pursotettu polyuretaania ulkoisesti vuodon päälle. Vuodon päältä käytettynä PU-massan toimivuus on erittäin huono. Polyuretaani-massa on saatava vuodon taakse maa-aineksen ja vuotokohdan väliin, jolloin vedenpaine kuljettaa massaa kohti aukkoa. Massan kulkeutuessa vuotokohdan suulle se turpoaa ja tukkii vuodon.

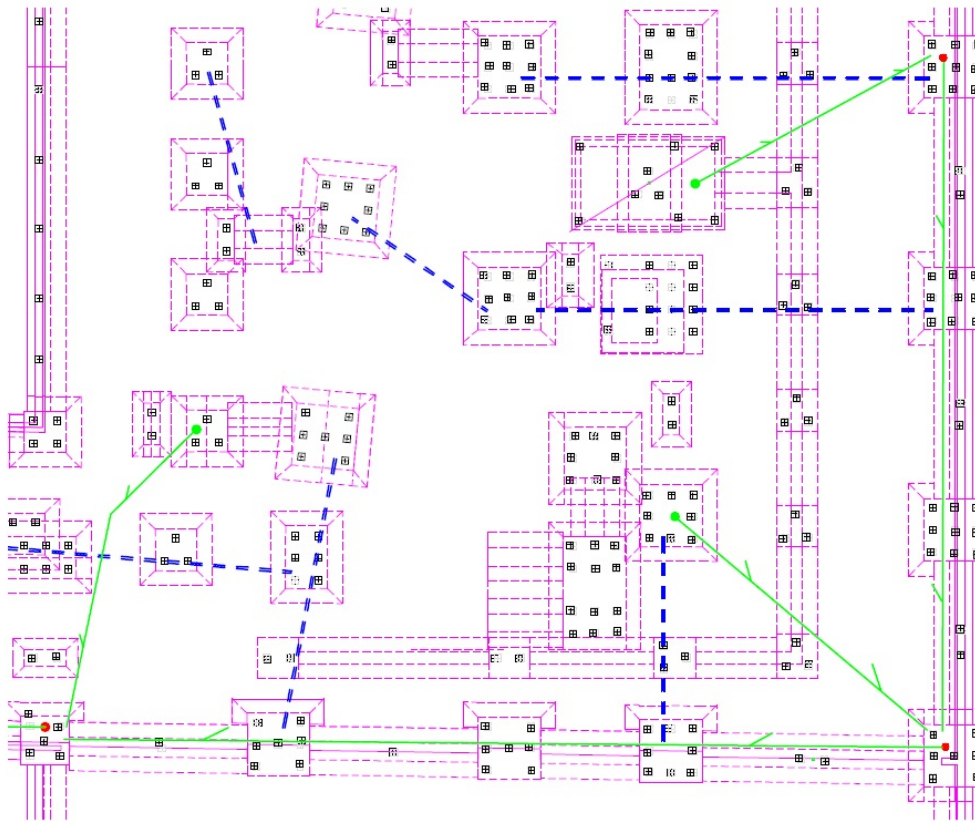


**Kuva 5. Vuotava nurkka tukiseinässä**

Ilman tarkempaa suunnittelua kuivana pidon suorittamisesta, työmaalla välttyttiin kohtalaisesti suurilta ongelmilta vedenpinnan tason nousussa. Kuitenkin kehitettävää työvaiheessa oli. Aika ajoin pumppaus oli hyvinkin tehotonta, mikä johtui pitkistä pumppauslinjoista ja uppopumppujen väärästä sijoittamisesta. Koska kohteen pohja sisälsi useita kymmeniä paaluanturakuoppia, tarvittiin aina täsmäpumppausta tiettyihin syvempiin kohtiin. Näihin täsmäpumppauksiin ei urakoitsija ollut tarpeeksi hyvin varautunut, minkä seurauksena pumppaustehoa menetettiin muilta alueilta.

## 6.2 Kehitettäviä asioita

Suuren pinta-alan omaavissa kohteissa, joissa vettä joudutaan poistamaan kaivannosta useita kymmeniätuhansia kuutioita, pitäisi rakentaa järjestelmällinen pumppausverkosto. Alla, kuvassa 6, on esitetty yksi kohteeseen ajateltu ratkaisu, jota pystyy soveltamaan muuallakin. Siinä on esitetty punaisilla pisteillä pääpumput ja vihreillä pisteillä sivupumput. Kuvassa 6 on myös sinisellä katkoviivalla merkittyjä salaojia, joista kerron enemmän seuraavassa kappaleessa.



Kuva 6. Pumppaus- ja salaojakaavio

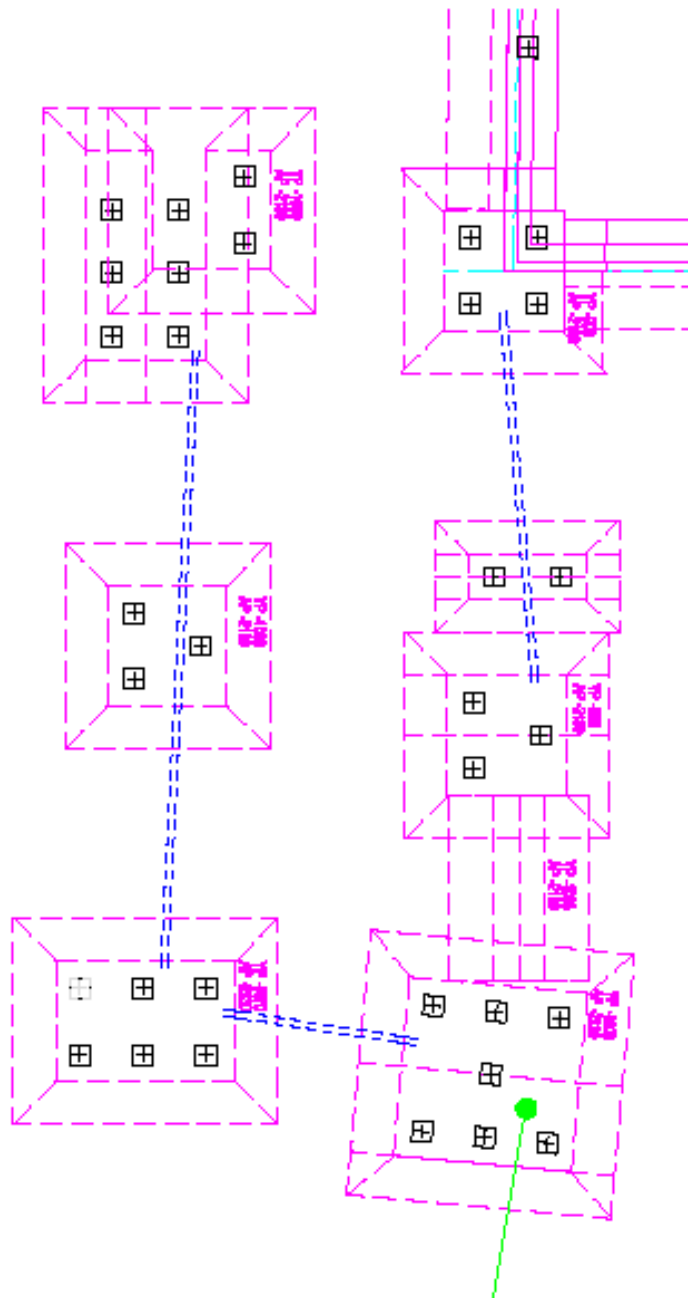
## Salaojitus

Kohteessa ei käytetty maarakennusvaiheessa salaojitusta, vaikka alapohjaa varten tehty maanpinnan profilointi olisi sitä edellyttänyt. Salaojitus olisi tehostanut kaivannon kuivana pitoa. Salaojituksen vaatima investointi rahallisesti tai ajallisesti ei olisi ollut suuri, verrattuna turhan pumppauksen vaatimaan työmäärään. Oheisessa kuvassa 7 olen esittänyt yhden mahdollisuuden, jolla salaojitusta olisi voinut kohteessa käyttää.

Kuvassa on esitetty osa toimistorakennuksen paaluanturaperustuksista. Salaojat on merkitty kuvaan sinisellä katkoviivalla ja pumppauspiste vihreällä.

Salaojaputkilla saadaan yhdistettyä useat samalla alapinnan korolla tehtäväksi määrätyt paaluanturakuopat ”yhdeksi” kaivannoksi. Tällä tavoin pumppujen määrää työmaalla pystytään vähentämään ja näin pienentämään huomattavasti pumppauksesta aiheutuvaa työtaakkaa.

Hyvinkin pienellä määrällä salaojaputkia saataisiin laajennettua yhden pumpun tyhjennettävää aluetta huomattavasti. Tästä syystä kustannuksetkaan eivät olisi suuret ja työn osuus huomattavasti pienempi kuin ilman salaojitusta.



Kuva 7. Salaojitusesimerkki: Viiden erillisen paaluanturaperustuksen yhdistäminen yhdeksi salaojituksen avulla.

## 7 PILAANTUNEET MAAT

Alueella tiedettiin olevan pilaantuneita maita aikaisempien maaperätutkimusten perusteella. Kortteli 2017 oli ollut ratapiha-aluetta 1800-luvun loppupuolelta lähtien. (Helsingin kaupunki.) Korttelilta oli siirretty VR:n autojunien lastauspaikkaa noin 100 metriä pohjoiseen kesällä 2010. Tontilla tehtyjen maaperän haitta-ainetutkimusten tulosten perusteella saatiin alueesta kuvan 8 mukainen pilaantuneisuuskartta. Kiinteistön maaperästä tutkittiin öljyhiilivetyjen, metallien, polyaromaattisten hiilivetyjen (PAH) sekä syanidin pitoisuuksia. Työn tarkoituksena oli selvittää sekä rajata tarkemmin aiemmin todetut pilaantuneet alueet. Tulosten pohjalta laskettiin pilaantuneiden massojen määrä sekä laadittiin alueen kunnostussuunnitelma.



Kuva 8. Pilaantuneisuusselvitys korttelissa 2017

Pilaantuneita maita arvioitiin olevan tontilla tutkimusten perusteella noin 1700 tonnia. Lievästi pilaantuneita maita havaittiin näytepisteissä kaksi ja kolme. Voimakkaasti pilaantuneita maita havaittiin ainoastaan pisteessä kaksi. Pisteet on esitetty edeltävässä kuvassa 8.

## 7.1 Työn suorittaminen

Pilaantuneiden massojen kaivu aloitettiin pilaantuneiksi todettujen pisteiden kohdalta (Kuva 8). Kaivu tehtiin kerroksittain ja jokaisen kaivetun kerroksen 100 m<sup>2</sup>:ä kohden kaivettiin yksi koekuoppa (Kuva 9). Koekuopista maat läjitettiin kuopan viereen ja massan puhtaus varmistettiin XRF-mittauksella ja PetroFlag-kenttämittarilla sekä tarvittaessa laboratorioanalyysillä. Tätä kaivua jatkettiin aina viiden metrin syvyyteen puolen metrin kerroksissa.

Työn aikana painotettiin maansiirtoajoneuvojen kuljettajille määräysten mukaisesta kuormien peittämisestä. Ympäristönsuojelulaissa määrätään, että oli maa-aines pilaantunut lievästi tai voimakkaasti, se on kuljetuksen ajaksi peitettävä. Lievästi pilaantuneilla maa-aineksilla on varmistuttava vähintään siitä, ettei kuormasta pääse syntymään pölyä. (YSL 86/2000 75, 78, 80 §.)

Kaivannon eteläpäädyssä lähellä lopullista kaivussyvyyttä paljastui puinen, kymmeniä vuosia vanha, poikkileikkaukseltaan noin yhden neliömetrin kokoinen ja 40 metriä pitkä viemäri, joka oli täytynyt hienon hiekan ja öljyn seoksella. Tämän yllättävän löydön vuoksi kaivutyöt jäivät jälkeen noin kaksi viikkoa. Kaikki viemäriässä olevat massat täytyi lähettää käsittelyyn Ekokem-Palveluun. Ekokem kunnostaa suurimman osan pilaantuneista maista ja hyödyntää niitä käsittelyn jälkeen erilaisissa kenttärakenteissa ja suljettavien kaatopaikkojen pintarakenteissa. (Ekokem Oy Ab.) Viemäristä löytynyttä öljyistä lietettä ei kuitenkaan niihin tarkoituksiin käytetty vaan se todettiin ongelmajätteeksi.





Kuva 9. Tontin eteläpäätyyn ensimmäisiä kaivettuja koekuoppia

## 7.2 Kaivun jälkeen

Lopulliseksi pilaantuneiden maamassojen määräksi tuli yli 2000 tonnia. Tämä johtui suurelta osalta korttelin eteläreunalta löydetyistä vanhasta öljyviemäristä. Koska loppumäärä poikkesi arvioidusta 1700 tonnista noin 300 tonnilla, oli sillä merkitystä kustannuksissa ja aikataulussa. Aikaisemmin mainitsemaani kahden viikon myöhästymistä yritetään kuroa kiinni muilla rakentamisen osa-alueilla. Suurta ongelmaa ei pieni viivästys kuitenkaan aiheuta, koska aikataulullisesti pilaantuneiden maiden aiheuttamiin viivästyksiin oli varauduttu noin neljän viikon jaksolla.



Kaikista kaivetuista ja pilaantuneiksi todetuista maista tehtiin työn aikana selvitykset niiden sisältämistä yhdisteistä. Näiden selvitysten pohjalta koottiin PIMA-loppuraportti, joka pitää viranomaismääräysten mukaan olla jokaisesta kohteesta, jossa pilaantuneita maita on käsitelty. (YSL 86/2000.)

## 8 LOPPUSANAT

Maarakentaminen haastavissa olosuhteissa ei ole nopeaa tai helppoa ainakaan tämän kohteen perusteella. Aina, kun tehdään laajoja maarakennustöitä, ovat yllättävät tilanteet väistämättömiä. Perusteellisten pohjatutkimustenkaan perusteella ei välttämättä tiedetä, mitä kaikkea maan alta paljastuu. Yllätykset voivat olla kohtalokkaita, kalliita ja tietyissä tilanteissa jopa korvaamattomia.

Esittelin työssäni muutamia tätäkin hanketta mahdollisesti helpottavia ja nopeuttavia esimerkkejä, joita ei ole kohteessa käytetty. Vuoden 2011 puolivälissä Lemminkäinen sai Töölönlahdelta kortteleita 2015 ja 2018 koskevat urakat. Tiedän korttelin 2018 olevan pohjasuhteiltaan hyvinkin samanlainen kuin kortteli 2017, ja odotan kiinnostuneena tulevia haasteita seuraavassa hankkeessa. Tämä antaa toivottavasti lukijoille ajatuksia työvaiheista, ja miten niitä pystyisi kehittämään vielä muilla keinoin.

Rakennusalan kehityksen keskeisimpänä jarruna ovat vanhat totutut toimintamallit. Näistä toimintamalleista on hankala luopua, kun ne on huomattu toimiviksi vuosien varrella (Kauppalehti). Edustan rakentamisen uutta nuorta sukupolvea, ja kehitys kaikessa suhteessa on mielestäni erittäin tärkeää. Tässä Lemminkäisen toteuttamassa hankkeessa ja sen aikana Lemminkäinen on kehittänyt toimintamalliaan sekä uudistanut toimintatapojaan. Tiedän rakennusliikkeiden pyrkivän kehittämään toimintaansa lähivuosina radikaalisti, mutta epäilen sen näkyvän työmailla ja varsinaisessa suorittavassa työssä vielä vuosien viiveellä.

Vanhat toimintatavat ja suoritteet elävät vielä edellisten sukupolvien johtaessa töitä työmailla.

## KUVAT

Kuva 1. Raidelinjan uudistus, s. 8

Kuva 2. U-profiilisia teräspontteja työmaalla, s. 12

Kuva 3. Toteutuskuva tukiseinien sijainnista ja kaivussyvyyksistä, s.13

Kuva 4. Lohkojaotus toimistorakennuksen osalta, s.17

Kuva 5. Vuotava nurkka tukiseinässä, s. 22

Kuva 6. Pumppaus- ja salaojakaavio, s. 23

Kuva 7. Salaojitus esimerkki. Viiden erillisen paaluanturaperustuksen yhdistäminen yhdeksi salaojituksen avulla, s. 25

Kuva 8. Pilaantuneisuusselvitys korttelilla 2017, s. 26

Kuva 9. Tontin eteläpäätyyn ensimmäisiä kaivettuja koekuoppia, s. 28

## LÄHTEET

Finlex, Ympäristönsuojelulaki 86/2000  
<http://www.finlex.fi> (Luettu: 16.11.2011)

Ekokem Oy Ab, Maa- ja pohjarakentamisen palvelut.  
<http://www.ekokem.fi> (Luettu: 16.11.2011)

Hakulinen, M. 2003. Teräs pohja- ja maarakentamisessa.

Helsingin kaupunki. Finlandiapuisto.  
<http://www.finlandiapuisto.fi> (Luettu: 13.9.2011)

Kauppalehti, lehdistötiedote  
<http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/lehdisto/hellink/tiedote.jsp?direct=true&selected=kaikki&industry=&oid=20100601/12773526128590> (Luettu: 20.11.2011)

Vibrofonecur. Käyttöohjeet

Wikimedia Foundation. Wikipedia.  
<http://www.wikipedia.fi> (Luettu: 13.11.2011)